广西科学院学报
Journal of Guangxi Academy of Sciences

2010,26(2):177～179
Vol. 26,No. 2 May 2010

多层框剪结构梁板的加固与改造设计方法

Slab and Beam Strengthening of Multi-story Frame Shear Wall Structure

刘 宏,姚大鑫
LIU Hong,YAO Da-xin

(广西华蓝设计集团有限公司,广西南宁 530011)
(Guangxi Hualan Design & Consulting Group,Nanning,Guangxi,530011,China)

摘要:结合一个工程实例,论述采用碳纤维片材与增设支点法相结合的加固方法对现有多层框剪结构建筑楼面进行加固的设计方法和施工工艺、加固前对建筑物的检测、以及损伤的修补,并介绍框架梁外贴碳纤维片材加固的做法以及通过设置钢梁增加板支点的加固方法及有关大样,为现有建筑物的加固与改造提供参考。

关键词:建筑物 改造 加固 碳纤维片材
中图法分类号:TU978 **文献标识码**:A **文章编号**:1002-7378(2010)02-0177-03

Abstract:Slabs and beams of an existing multi-story building were strengthened both by adding additional supports and with carbon fiber polymer. Design method, calculations, construction method, structure testing before renovation, structural damages repairation and strengthening details of slab with steel beam were discussed. Retrofit details of beam were also introduced. This can be a reference for the retrofit design of similar structure.

Key words:building,retrofit,strengthening,carbon fiber polymer

随着城市人口的扩张和城市建设的高速发展,对土地的需求与土地资源稀缺的矛盾越来越突出,对已有建筑物加以改造和利用是节约有限土地资源的有效措施。已有建筑物会因为老化、使用不当产生损坏或因使用功能改变、技术落后而无法满足继续使用的要求,需要根据其现状进行加固或改造处理。现有建筑物的加固改造处理,会由于现有建筑物仍在使用,需要有效的技术来尽可能缩短工期。碳纤维片材加固混凝土结构是一项较新的应用外粘高性能复合材料加固结构的技术。目前国内对碳纤维片材加固混凝土结构的理论和试验研究成果已较多,设计与施工水平正在逐步提高,加固工程量也迅速增加[1]。该方法与传统的结构加固技术相比,具有轻质高强、耐腐蚀性和耐久性强、施工便捷、对结构影响小等优点[2]。碳纤维片材加固混凝土结构加固技术与增设支点法相结合可以较好满足对现有建筑结构加固的要求。本文结合一个工程实例,论述采用碳纤维片材与增设支点法相结合的加固方法对现有多层框剪结构建筑楼面进行加固的设计方法和施工工艺、加固前对建筑物的检测、以及损伤的修补,为现有建筑物的加固与改造提供参考。

1 原有结构的检测

原有结构为多层框剪结构,20世纪90年代设计,1998年完工,长期在二三层通道使用小型叉车进行运输,使用荷载远大于原设计采用的2.5kN/m^{2}的活荷载限值,造成楼层内的主要通道以及电梯厅多处楼面凹陷、开裂。加固改造前对楼层梁、板质量进行以下检测:(1)采用钻芯法在三层楼板(图1)钻取2个芯样检测其砼强度及楼板厚度,2个芯样现龄期砼的换算强度值分别为36.3MPa、36.8MPa,达到原设计C25的强度等级要求。(2)采用扫描的方法在三层抽取一块楼板检测其受力主筋分布情况,板面负筋ϕ8,平均间距146mm,略低于原设计 ϕ8@140。板厚分别为92mm、100mm,略低于原设计板厚100mm 的要求。(3)采用量测的方法检测三层梁和板的挠度,梁的相对挠度分别为－8mm、－7mm,未超出规范允许值,板挠度13个测点相对高差3～16mm,未超出规范允许值。(4)检测三层楼板现有的裂缝,板面

收稿日期:2010-03-20
修回日期:2010-04-26
作者简介:刘 宏(1968-),男,高级工程师,主要从事结构工程设计与研究。

共出现4条裂缝，平行于梁边，且上下贯通，裂缝最大宽度为0.3mm。检测结果表明，楼层内三层板的裂缝产生是由于使用活荷载超过设计活荷载及使用叉车时产生的振动所致。

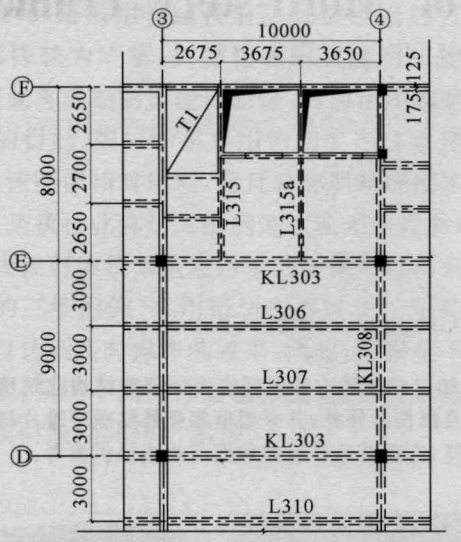

图1　三层局部平面结构布置(单位:mm)

2　加固目标及相关规范

原有结构设计使用年限50年，符合1989年版《建筑抗震设计规范》和1989年版《混凝土结构设计规范》。考虑到进行加固改造主要是为了解决建筑物局部部位竖向使用活荷载过大的问题，同时建筑物位于抗震设防烈度的6度地区，因此，加固设计不考虑地震作用，主要设计依据为《碳纤维片材加固修复混凝土结构技术规程》(CECS146:2003)[1]、《建筑结构荷载规范》(GB50009-2001)[3]、以及《混凝土结构加固设计规范》(GB50367-2006)[4]，加固后的楼面允许同时行走两辆自重665kg、载重2000kg 的叉车，楼面使用活荷载2.0kN/m²。加固改造工期尽可能缩短，同时控制工作面的范围。

3　加固设计方法及施工工艺

3.1　荷载确定

加固后楼面装修做法为采用25mm 厚砂浆找平、花岗岩面砖铺面，楼面下方设置吊顶，以此作为加固后设计恒载的依据。

按照加固后的使用要求以及所需要运行的叉车的技术资料，计算出叉车轮压，按照文献[3]确定等效楼面均布活荷载并考虑活荷载不利布置的影响，同时乘以1.1的动力系数，作为加固设计的使用活荷载。

3.2　框架梁及次梁承载力复核及加固

采用中国建筑科学研究院编制的 SATWE 系列软件对该楼层进行建模计算，对原结构构件进行承载力复核，确定需要进行加固的框架梁及次梁的部位及相应内力。对通道范围内跨中正截面抗弯承载力不足的横向主梁 KL303、L306、L307、L310(图2)，采用梁底贴碳纤维布的方式进行加固，碳纤维布宽度同梁宽，厚度及锚固长度由计算确定。对通道一侧支座抗弯承载力不足的纵向框架梁 KL308(图2)，采用在梁面附近、紧贴框架柱的板面对称贴碳纤维布的方式进行加固，碳纤维布宽度、厚度及锚固长度由计算确定。计算采用的初始弯矩为恒荷载作用下的弯矩，最终弯矩为考虑活荷载不利布置的包络弯矩。

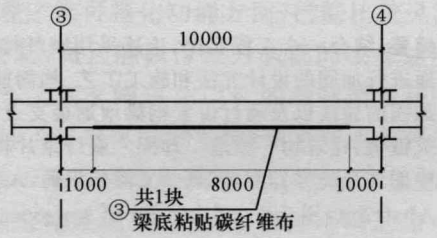

图2　KL303加固大样(单位:mm)

以 KL303跨中截面加固(图2)为例，梁截面 $b \times h = 300 \times 800$，初始弯矩 $M_i = 103$kNm，设计弯矩 $M = 351$kNm，受压翼缘高度 $h'_f = 100$mm，受压翼缘宽度 $b'_f = 300 + 12 \times 100 = 1500$mm，受拉区钢筋面积 $A_s = 1473$mm²，受压区钢筋面积 $A'_s = 982$mm²，受拉、受压钢筋形心至相应梁截面边缘的距离 $a = a' = 35$mm。混凝土(C25)抗压强度设计值 $f_c = 11.9$MPa，抗拉强度标准值 $f_{tk} = 1.27$MPa；钢筋(HRB335)抗拉、抗压强度 $f_y = 300$MPa，$f'_y = 300$MPa。

应用文献[1]公式可以解出受压区高度 $x = 63.79$mm，即 $x = 63.79 < \xi_{cfb}h = 155.82$mm($\xi_{cfb}h$ 为界限受压区高度)，而且 $x < 2a' = 2 \times 35 = 70$mm。当 $x < 2a'$ 时应用文献[1]公式得到碳纤维布面积：$A_{cf} = \dfrac{M - f_y A_s (h_0 - a')}{E_{cf}[\varepsilon_{cf}](h - a')} = 26.24$mm²。碳纤维布宽度同梁宽，为300mm，则最小厚度应不小于0.088mm，设计选用碳纤维布型号 FTS-C1-20，厚度0.111mm。

应用文献[1]公式得到碳纤维布的锚固长度：$l_d = E_{cf}\varepsilon_{cf}A_{cf}/(\tau_{cf}b_f) = 466$mm。

3.3　楼板承载力复核及加固

原楼板经过复核，楼板面筋、底筋均不足，同时在叉车动荷载作用下刚度也不足。加固时通过在板底设置钢梁增加支点的方式来减小板跨，从而减小

楼板内力,增加楼板刚度。原楼板跨中板面在增设钢梁后会产生负弯矩,对此通过在板面贴碳纤维布方式进行加固(图3、图4)。钢梁分纵横两层,二级次梁即GL1通过钢楔顶紧板底,一级次梁即GL2顶紧GL1,最终将楼板荷载通过钢梁传至框架梁或主梁。

钢梁支座采用如下方式进行处理:钢梁按简支梁设计,支座仅考虑承受剪力,通过化学锚栓固定在混凝土主梁梁侧,钢梁直接置于支座上,并通过螺栓与支座连接(图5)。锚栓钢材承载力及基材混凝土承载力需分别进行验算。

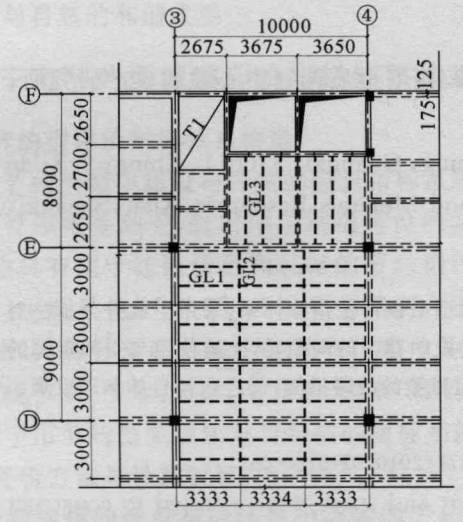

图3　板底增设钢梁布置(单位:mm)

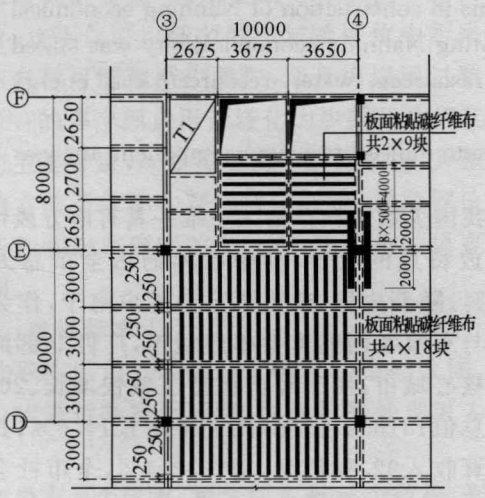

图4　板面粘贴碳纤维布(单位:mm)

3.4　施工工序及工艺

加固工序及工艺如下:(1)凿除建筑面层及抹灰、找平层,清除构件表面的剥落、疏松、蜂窝、腐蚀等劣化混凝土,露出混凝土坚实基层,并将其表面打磨平整。(2)修补原有裂缝。沿裂缝凿成30mm宽,20mm深(从结构板面算起)的V型槽,采用钢丝刷及压缩空气将混凝土碎屑粉尘清除干净,每隔

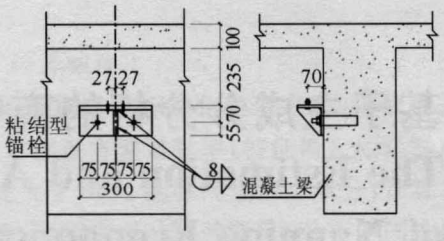

图5　钢梁支座(单位:mm)

300mm埋设灌浆嘴,然后采用1:1水泥砂浆封缝,进行压气试漏检查后,灌入环氧树脂浆液,并进行封口。(3)安装锚栓、钢梁。在砼墙或梁上钻锚栓孔时应避开钢筋。采用的化学锚栓,应在图纸中标明设计总剪力,并经厂家核实其产品可满足设计要求。(4)粘贴碳纤维布。碳纤维布加固法对施工工艺有较高的要求,必须由熟悉该技术施工工艺的专业施工队伍承担,并应有相应的加固方案和施工技术措施。被加固梁、板混凝土应作表面处理,将混凝土表面打磨平整,除去表层浮浆、油污等杂质直至完全露出混凝土原结构新面,并用按产品生产厂家提供的工艺规定配制的修复找平材料将表面修复平整。粘贴前混凝土表面应清理干净并保持干燥。

4　结束语

我们采用粘贴碳纤维布与增设支点法相结合的加固方法加固处理该4层框剪结构的工期不到20天,在加固施工过程中原有建筑的正常使用基本不受影响,现已竣工并使用了3年多,加固效果良好,很好地满足了建筑的安全和使用要求。

粘贴碳纤维片材与增设支点法相结合的加固方法处理楼面梁板承载力不足,加固工期短,施工作业面小,对施工期间要求基本不影响正常使用的结构加固工程具有较好的适用性,但是为确保安全,使用该方法对建筑物进行加固改造前应进行全面的检测和鉴定,将检测结果作为建筑物加固设计的依据,选取合理的设计参数,并针对具体情况所采取相应的抗震措施和加固方法。

参考文献:

[1]　CECS146:2003.碳纤维片材加固修复混凝土结构技术规程[S].北京:中国计划出版社,2003.

[2]　刘春,李克让,孙长水.建筑加固改造工程案例分析[M].北京:中国建筑工业出版社,2008:82.

[3]　GB50009-2001.建筑结构荷载规范[S].北京:中国建筑出版社,2006.

[4]　GB50367-2006.混凝土结构加固设计规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2006.

(责任编辑:邓大玉)